

**Материал, в научно-популярной форме иллюстрирующий основные результаты
проекта №18-07-01049 «Теоретические и экспериментальные исследования
методов восстановления радиоголограмм объектов,
заглубленных в сложных неоднородных средах»**

Одним из методов получения изображений объектов, находящихся в оптически непрозрачных средах, является радиовидение, когда радиоизображение подповерхностного объекта восстанавливается по рассеянному им полю (радиоголограмме). В большинстве случаев при обработке радиоголограмм используется относительно простая модель однородного полупространства с плоской границей раздела. Однако в реальных ситуациях часто оказывается, что среда, в которой находится требующий обнаружения объект, имеет неплоскую границу, причем такую, что непосредственно по поверхности датчик перемещать невозможно, поэтому датчик перемещают по плоскому листу радиопрозрачного материала, установленного над поверхностью на небольшой высоте, либо закрепляют его на двумерном электромеханическом сканере. В таких условиях получение радиоизображения подповерхностного объекта осложняется отражениями от неровной поверхности, величина которых обычно превышает отражения от объекта.

В данном проекте для получения радиоизображения подповерхностного объекта, расположенного в среде с неровной верхней поверхностью, предлагается методика, включающая следующие шаги:

- 1) измерение рельефа поверхности;
- 2) моделирование радиоголограммы поверхности с использованием полученного рельефа;
- 3) вычисление разностной радиоголограммы, являющейся разностью между экспериментальной и смоделированной радиоголограммами, с предварительным их пространственным совмещением и подгонкой амплитуды и фазы;
- 4) получение радиоизображения подповерхностного объекта путем применения метода обратного распространения разностной радиоголограммы.

Разумеется, предположение об аддитивности радиоголограмм поверхности и объекта не совсем корректно, так как неровная граница воздух–среда влияет на электромагнитную волну при ее распространении от антенны к подповерхностному объекту и обратно, а также между объектом и поверхностью возникают многократные переотражения. Поэтому в результате вычитания будет получена не истинная радиоголограмма объекта (которая была бы зарегистрирована при расположении объекта в однородном пространстве), а радиоголограмма, искаженная неровной поверхностью. Однако эксперименты, показали, что даже при восстановлении искаженной радиоголограммы получается радиоизображение объекта, позволяющее определить его форму.

Для реализации предложенной методики восстановления радиоголограмм необходим метод оцифровки неровной верхней поверхности среды, в которую заложен подлежащий обнаружению объект. В данном проекте для оцифровки рельефа поверхности использовался RGB-D видеосенсор Kinect v2 от компании Microsoft, состоящий из цветной (RGB) и инфракрасной (ИК) видеокамер. ИК видеокамера работает с искусственным управляемым подсветом, что позволяет находить дальность до каждого пикселя изображения.

Эксперименты проводились с использованием голографического подповерхностного радиолокатора РАСКАН с непрерывным монохроматическим сигналом частотой 6.8 ГГц. Объектом выступала вырезанная из фольги буква «R», заложенная под стеновую гипсовую 3D панель “Zoom” размером 600×600×38 мм. Панель располагалась на стопке листов из сухой штукатурки для имитации однородного полупространства (на рис. 1 панель приподнята, чтобы объект был виден).



Рис. 1. Панель с заложенным под нее объектом

Ручное сканирование осуществлялось по листу оргстекла толщиной 10 мм, расстояние от верхней поверхности листа до вершин пирамид гипсовой панели составляло 35 мм. Размер области сканирования составлял 400×400 мм с шагом между выборками радиолокационного сигнала 5 мм по обоим осям.

На рис. 2 приведена зарегистрированная радиоголограмма, а на рис. 3 — результат ее восстановления без учета рельефа по-

верхности, в предположении, что поверхность является плоской.

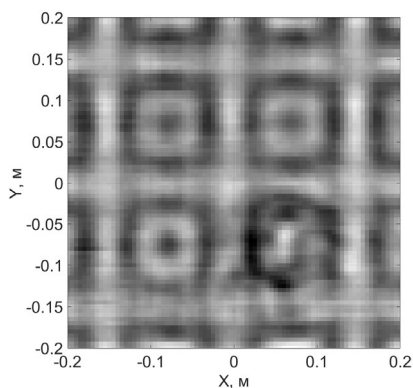


Рис. 2. Действительная часть радиоголограммы

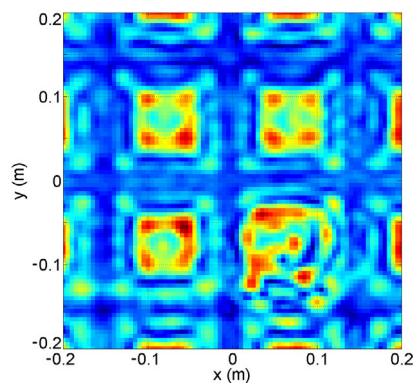


Рис. 3. Результат восстановления без учета рельефа поверхности

В данном случае, так как рельеф имеет регулярную структуру, можно предположить наличие в правом нижнем углу постороннего объекта (но его форму определить нельзя), но в случае хаотичного рельефа даже наличие объекта определить будет невозможно.

На рис. 4 приведено полученное с помощью Kinect изображение канала дальности (карта глубины), построенное с использованием стандартной цветовой палитры “jet”, в которой минимальному расстоянию соответствует синий цвет, а максимальному — красный. Смоделированная радиоголограмма приведена на рис. 5.

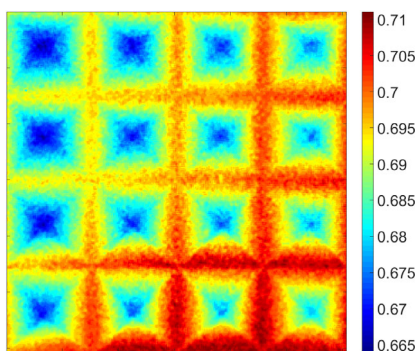


Рис. 4. Карта глубины

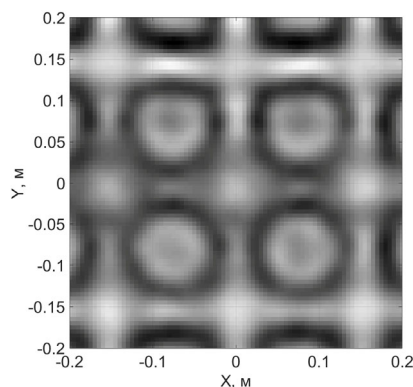


Рис. 5. Действительная часть смоделированной радиоголограммы

Разностная радиоголограмма, полученная в результате вычитания экспериментальной и смоделированной радиоголограмм, приведена на рис. 6. Результат ее восстановления приведен на рис. 7.

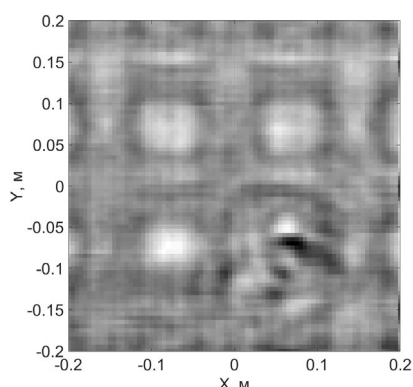


Рис. 6. Действительная часть разностной радиоголограммы

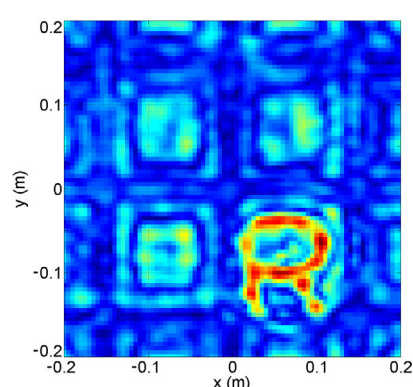


Рис. 7. Результат восстановления разностной радиоголограммы

Видно, что предложенный подход к восстановлению радиоизображений объектов, находящихся в средах с неровной поверхностью, позволяет существенно улучшить качество получаемых радиоизображений (ср. рис. 7 и 3). Наличие на восстановленном радиоизображении артефактов, являющихся остатками от «недовычитанных» отражений от поверхности, говорит о том, что необходимо улучшить точность оцифровки поверхности и качество моделирования отражений от нее.